

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. Januar 2001 (18.01.2001)

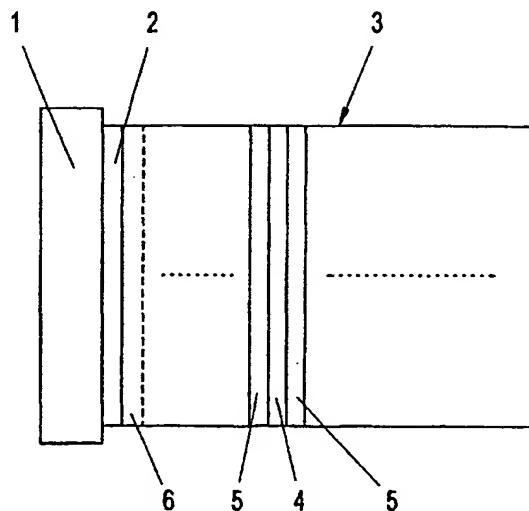
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/05000 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01S 3/08, (72) Erfinder; und
G02B 5/08 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): TEMPEA, Gabriel,
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT00/00182 Florin [RO/AT]; Alserstrasse 33/416, A-1080 Wien (AT).
(22) Internationales Anmeldedatum: KRAUSZ, Ferenc [AT/AT]; K. Renner-Gasse 9, A-2331
5. Juli 2000 (05.07.2000) Vösendorf (AT).
(25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwälte: SONN, Helmut usw.; Riemergasse 14, A-1010
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch Wien (AT).
(30) Angaben zur Priorität: (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
A 1160/99 7. Juli 1999 (07.07.1999) AT AT (Gebrauchsmuster), AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY,
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): FEMTOLASERS PRODUKTIONS GMBH
[AT/AT]; Kleinengersdorferstrasse 24, A-2100 Korneuburg
(AT). BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, CZ (Gebrauchsmuster),
DE, DE (Gebrauchsmuster), DK, DK (Gebrauchsmuster),
DM, DZ, EE, ES, FI, FI (Gebrauchsmuster), GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KR
(Gebrauchsmuster), KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA,
MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DISPERSIVE MULTI-LAYER MIRROR

(54) Bezeichnung: DISPERSSIVER MEHRSCHEICHTIGER SPIEGEL



(57) Abstract: The invention relates to a dispersive, multi-layer mirror, for example, for short-pulse laser devices, oscillators, laser amplifiers or hollow-fibre compressors. Said mirror has several individual dielectric layers (4, 5) applied to a substrate (1) for producing predetermined dispersion values for different frequency components of the radiation short-pulses to be reflected. A highly reflective layer (2; 2') is provided on the substrate (1) for reflecting all frequency components. The individual dielectric layers (4, 5) are applied on top of said reflective layer to act as a resonant coating structure (3) for modulating the phases of the reflected short-pulses. The various frequency components have different storage times in the resonant coating structure (3).

WO 01/05000 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



RU, SD, SE, SG, SI, SK, SK (Gebrauchsmuster), SL, TJ,
TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Dispersiver, mehrschichtiger Spiegel, z.B. für Kurzpuls-Laservorrichtungen, Oszillatoren, Laserverstärker oder Hohlfaser-Kompressoren, welcher Spiegel mehrere auf einem Substrat (1) angebrachte dielektrische Einzelschichten (4, 5) zur Erzeugung vorgegebener Dispersionswerte für verschiedene Frequenzkomponenten von zu reflektierenden Strahlungs-Kurz pulsen aufweist, wobei auf dem Substrat (1) eine hochreflektierende Schicht (2; 2') zur Reflexion aller Frequenzkomponenten vorgesehen ist, über der die dielektrischen Einzelschichten (4, 5) als resonante Beschichtungsstruktur (3) zur Modulation der Phasen der reflektierten Kurzpulse angebracht sind, wobei unterschiedliche Speicherzeiten für die verschiedenen Frequenzkomponenten in der resonanten Beschichtungsstruktur (3) gegeben sind.

Dispersiver mehrschichtiger Spiegel

Die Erfindung betrifft einen dispersiven, mehrschichtigen Spiegel, z.B. für Kurzpuls-Laservorrichtungen, Oszillatoren, Laserverstärker oder Hohlfaser-Kompressoren, welcher Spiegel mehrere auf einem Substrat angebrachte dielektrische Einzelschichten zur Erzeugung vorgegebener Dispersionswerte für verschiedene Frequenzkomponenten von zu reflektierenden Strahlungskurzpulsen aufweist.

In der Lasertechnik werden zunehmend kürzere Laserimpulse, mit Impulsdauern im Pikosekunden- und Femtosekunden-Bereich, angestrebt. Abgesehen von der Anwendung in wissenschaftlichen Bereichen werden derartige Kurzpuls-Laservorrichtungen zunehmend in der Industrie für Materialbearbeitungen eingesetzt. Die bei solchen Kurzpuls-Laservorrichtungen eingesetzten Laserkristalle, vgl. beispielsweise WO 98/10494 A, haben ausgezeichnete thermische Eigenschaften sowie breite Fluoreszenzbänder, um die Erzeugung von Laserimpulsen mit Impulsdauern unter 10 oder sogar unter 5 Femtosekunden zu ermöglichen. Insbesondere werden hier Laserkristalle eingesetzt, die mit Übergangsmetallen dotiert sind, wie vor allem der Titan-Saphir(Ti:S)-Laserkristall.

Ein Problem bei der Erzeugung derartiger ultrakurzer Laserimpulse oder allgemein Strahlungsimpulse liegt in den übrigen optischen Komponenten des Lasersystems, wobei es insbesondere von Bedeutung wäre, breitbandige, hochreflektierende optische Elemente bzw. disperse (d.h. eine Dispersionskomponente bewirkende) Komponenten zur Verfügung zu haben.

Es ist nun bereits vorgeschlagen worden, disperse Komponenten für derartige Laservorrichtungen in Dünnschicht-Technik auszuführen, vgl. z.B. die US 5 734 503 A sowie A. Stingl et al., "Generation of 11-fs pulses from a Ti:sapphire laser without the use of prisms", Optics Letters, Vol. 19, Nr. 3, Februar 1994, S. 204-206. Dabei werden die Spiegel aus einer Vielzahl (z.B. 42) von Einzelschichten mit verschiedenen Brechungsindizes aufgebaut, die bei der Reflexion eines ultrakurzen Laserimpulses – der eine entsprechend große Bandbreite im

- 2 -

Frequenzbereich aufweist - ihre Funktion ausüben: Die verschiedenen Wellenlängenkomponenten des Laserstrahls dringen unterschiedlich tief in die Einzelschichten des Spiegels ein, bevor sie reflektiert werden. Dadurch werden die verschiedenen Frequenzkomponenten verschieden lang, entsprechend der jeweiligen Schichttiefe, verzögert; die kurzwelligen Komponenten werden weiter außen reflektiert, die langwelligen Anteile hingegen tiefer im Spiegel. Dies bedeutet, dass die langwelligen Frequenzkomponenten gegenüber den kurzwelligen Komponenten zeitlich verzögert werden. Auf diese Weise kann bei einer Laservorrichtung eine Dispersionskompensation für einen Kurzpuls-Laserstrahl erhalten werden: Im Zeitbereich besonders kurze Impulse besitzen nämlich ein breites Frequenzspektrum, wobei aber die verschiedenen Frequenzkomponenten des Laserstrahls im zugehörigen Laserkristall - der optisch nicht-linear ist - einen unterschiedlichen Brechungsindex "sehen" (d.h. die optische Dicke des Laserkristalls ist für die verschiedenen Frequenzkomponenten der Laserimpulse verschieden groß); die verschiedenen Frequenzkomponenten des Laserimpulses werden daher beim Durchlaufen des Laserkristalls verschieden verzögert. Diesem Effekt kann durch die genannte Dispersionskompensation an den bekannten Dünn-schicht-Laserspiegeln begegnet werden, die demgemäß als "dispersiv" bezeichnet werden. Diese bekannten Spiegel werden auch "gechirpte" Spiegel (Chirped Mirrors - CM) genannt und stellten einen wesentlichen Fortschritt im Vergleich zu davor eingesetzten Verzögerungselementen mit Prismen dar. Es konnten erstmals Laserimpulse mit Impulsdauern von 10 fs und darunter direkt von einem Laseroszillatator erhalten werden, und die Lasersysteme wurden kompakter und verlässlicher. Die CM-Spiegel steuern die Wellenlängen-Abhängigkeit der Gruppenverzögerung wie erwähnt durch die Eindringtiefe der verschiedenen spektralen Komponenten in der Vielschichtstruktur. Eine derartige Vielschichtstruktur ist jedoch relativ aufwendig in der Herstellung und weist überdies relativ große Dickenabmessungen auf.

Ziel der Erfindung ist es nun, breitbandige, dispersive Spiegel vorzusehen, die einen einfachen Schichtaufbau ermöglichen, wobei auch vergleichsweise kurze optische Weglängen

- 3 -

erzielbar sein sollen, und wobei nichtsdestoweniger auch vergleichsweise große Dispersionswerte für die Gruppenverzögerung ermöglicht werden sollen.

Der erfindungsgemäße dispersive Spiegel der eingangs angeführten Art ist dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Substrat eine hochreflektierende Schicht zur Reflexion aller Frequenzkomponenten vorgesehen ist, über der die dielektrischen Einzelschichten als resonante Beschichtungsstruktur zur Modulation der Phasen der reflektierten Kurzpulse angebracht sind, wobei unterschiedliche Speicherzeiten für die verschiedenen Frequenzkomponenten in der resonanten Beschichtungsstruktur gegeben sind.

Mit einer derartigen Spiegelausbildung wird der vorstehenden Zielsetzung gut entsprochen. Die Erfindung basiert dabei darauf, dass die Wellenlängen-Abhängigkeit der Impulsverzögerung oder Gruppenlaufzeit mit Hilfe der Speicherzeit der verschiedenen Spektralkomponenten im Spiegel gesteuert werden kann. Der vorliegende dispersive Spiegel ist ein resonanter Spiegel, wobei die gesamte optische Dicke für die Erzielung derselben gruppenweisen Dispersion und des gleichen Reflexionsvermögens im vergleichbaren Spektralbereich vergleichsweise kleiner sein kann als bei den bekannten CM-Spiegeln.

An sich ist es bereits seit langem bekannt, die Speicherzeit von optischen Impulsen in einer resonanten Struktur zu steuern, um so eine zeitliche Verzögerung bestimmter Dauer einzuführen. In der Vergangenheit wurden jedoch diese bekannten resonanten Strukturen nur mit schmalbandigen optischen Komponenten - sog. Gires-Tournois-Interferometer (GTI) - in Zusammenhang gebracht; im Gegensatz dazu haben zur Erfindung führende Untersuchungen gezeigt, dass problemlos Breitbandsysteme, beispielsweise für Wellenlängen im Bereich von 300 nm bei einer zentralen Wellenlänge von 800 nm, erzielt werden können, wenn erfindungsgemäß eine hochreflektierende Schicht, insbesondere eine hochreflektierende Metallschicht, beispielsweise mit Silber oder Aluminium, in Kombination mit einer dielektrischen, resonanten Beschichtungsstruktur, beispielsweise mit bloß 20 bis 30 dielektrischen Einzelschichten, kombiniert wird.

- 4 -

Ein GTI-Interferometer besteht aus einer hochreflektierenden Schicht, einer Zwischenschicht und einer teilreflektierenden Schicht, die eine (bei einer bestimmten Wellenlänge) resonante Kavität bilden. Im vorliegenden Fall des resonanten dispersiven Spiegels werden die Zwischenschicht und die obere teilreflektierende Schicht durch eine schwach rezonante Mehrschichtstruktur ersetzt. Dadurch ist eine Kavität an sich nicht mehr zu erkennen.

Die dielektrische rezonante Beschichtungsstruktur des vorliegenden Spiegels verstärkt geringfügig das Reflexionsvermögen der hochreflektierenden Schicht, sie hat aber den Hauptzweck, die Phase der reflektierten Impulse zu modulieren.

Wenn die Verluste im optischen System eher als kritisch angesehen werden, die Bandbreite jedoch weniger von Bedeutung ist, kann auch anstatt einer metallischen hochreflektierenden Schicht ein hochreflektierender dielektrischer Standard-Reflektor, wie insbesondere ein sog. Bragg-Reflektor ($\lambda/4$ -Reflektor) eingesetzt werden. In diesem Fall wird die Bandbreite des Spiegels etwas - entsprechend der Bandbreite des Bragg-Reflektors - beschränkt.

Die technologischen Anforderungen an einen derartigen dispersiven rezonanten Spiegel sind vergleichbar jenen bei den CM-Spiegeln. Zum Erzielen desselben Gruppenverzögerungs-Dispersionsvermögens und Reflexionsvermögens für denselben Spektralbereich kann jedoch eine vergleichsweise geringere optische Dicke angewandt werden. Für einen CM-Spiegel ist der Mindestwert der Beschichtungsdicke durch die optische Weglänge entsprechend der Gruppenverzögerung gegeben, die zwischen der kürzesten und längsten Wellenlänge im hochreflektierenden Bereich eingeführt wird. Zufolge der rezonanten Struktur sind die erfindungsgemäßen dispersiven Spiegel dieser Beschränkung jedoch nicht unterworfen, und es können höhere Dispersionswerte bei kürzeren optischen Dicken eingeführt werden. Ein weiterer Unterschied zu den CM-Spiegeln besteht darin, dass sich die durchschnittliche optische Schichtdicke nicht mit dem Abstand vom Trägersubstrat monoton ändert, sondern beim konstanten Mittelwert bleibt.

Insgesamt enthält der vorliegende Spiegel somit eine hoch reflektierende optische Interferenzbeschichtung, bei der ein

- 5 -

hochreflektierender Reflektor monolithisch mit einer schwach resonanten dielektrischen Schichtstruktur integriert ist. Die Frequenzabhängigkeit der Gruppenverzögerung (Group Delay - GD) wird über die Speicherzeit für die verschiedenen Spektralkomponenten in der resonanten Struktur gesteuert.

Der erfindungsgemäße Spiegel eignet sich zur Dispersionskontrolle für breitbandige elektromagnetische Signale allgemein im Frequenzbereich von Mikrowellen bis zu Röntgenstrahlen, wobei insbesondere Anwendungen in Festkörperlasern, Laserverstärkern und Hohlfaserkompressoren bevorzugt sind, wo ultrakurze Impulse erzeugt werden, für die die vorliegende genaue und kompakte Dispersionssteuerung vorteilhaft ist. Die Herstellung ist dabei nicht nur wegen der geringeren Anzahl an Schichten, verglichen mit CM-Spiegeln, günstiger, sondern auch deshalb, weil die hochreflektierende Schicht an sich eine Standardschicht ist.

Die dielektrischen Einzelschichten können beispielsweise wie an sich bekannt Siliziumdioxid (SiO_2) bzw. Titandioxid (TiO_2) enthalten; die dielektrischen Einzelschichten können aber auch mit Tantalpentoxid (Ta_2O_5) aufgebaut sein. Insbesondere bei Verwendung einer metallischen hochreflektierenden Schicht können bei der Anbringung der darüberliegenden dielektrischen Schichten Haftprobleme auftreten, und es hat sich hier weiter als vorteilhaft erwiesen, wenn zwischen der hochreflektierenden Schicht und der dielektrischen resonanten Beschichtungsstruktur eine Haftvermittlungsschicht, z.B. aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) vorgesehen ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Beispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert. In der Zeichnung zeigen im Einzelnen:

Fig.1 schematisch den Aufbau eines dispersiven resonanten Spiegels mit einer hochreflektierenden Metallschicht;

Fig.2 ein zugehöriges Diagramm des Reflexionsvermögens R (%) bzw. der Gruppenverzögerungs-Dispersion GDD (fs^2) über der Wellenlänge λ ;

Fig.3 einen Aufbau eines anderen dispersiven resonanten Spiegels, mit einem hochreflektierenden Bragg($\lambda/4$)-Reflektor; und

- 6 -

Fig.4 ein entsprechendes zugehöriges Diagramm von Reflexionsvermögen R (%) und Dispersion GDD (fs^2) über der Wellenlänge λ .

Der in Fig.1 schematisch veranschaulichte resonante disperse Spiegel weist auf einem Substrat 1 eine hochreflektierende Metallschicht 2 auf, über der eine resonante dielektrische Mehrschicht-Beschichtungsstruktur 3 mit einigen, z.B. 20 bis 30, Einzelschichten 4, 5 angebracht ist. Diese dielektrischen Einzelschichten 4, 5 sind abwechselnd hochbrechende und niedrigbrechende Schichten unterschiedlicher Dicke, und sie können in an sich bekannter Weise abwechselnd aus Titanoxid (TiO_2) bzw. Siliziumoxid (SiO_2) bestehen.

Für die hochreflektierende Metallschicht 2 kann beispielsweise Silber oder aber Aluminium verwendet werden. Weiters kann zur besseren Haftung der dielektrischen Einzelschichten 4, 5 an der Metallschicht 2 eine Haftvermittlungsschicht 6 vorgesehen sein, die beispielsweise aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) bestehen kann.

Für den Aufbau des in Fig.1 schematisch veranschaulichten resonanten dispersiven Spiegels kann beispielsweise folgende Schichtenfolge, mit den entsprechenden Schichtdicken (in nm) angeführt werden:

Ag	300,00
Al_2O_3	112,36
TiO_2	91,66
SiO_2	139,61
TiO_2	87,46
SiO_2	129,80
TiO_2	55,59
SiO_2	93,11
TiO_2	86,20
SiO_2	141,73
TiO_2	86,37
SiO_2	148,84
TiO_2	52,21
SiO_2	55,53
TiO_2	85,60

- 7 -

SiO ₂	158,43
TiO ₂	91,84
SiO ₂	83,49
TiO ₂	30,00
SiO ₂	120,28
TiO ₂	98,41
SiO ₂	156,27
TiO ₂	21,04
SiO ₂	67,20
TiO ₂	97,16
SiO ₂	164,70
TiO ₂	20,18
SiO ₂	60,92
TiO ₂	94,78
SiO ₂	139,05

Ein derartiger resonanter dispersiver Spiegel ergibt beispielsweise bei Wellenlängen λ von ca. 650 nm bis ca. 950 nm, ein Verhalten hinsichtlich Reflexionsvermögen R (in %) und Dispersion (GDD-Group Delay Dispersion-Gruppenverzögerungs-Dispersion, in fs²; die GDD ist die erste Ableitung der Gruppenverzögerung GD), wie in Fig.2 dargestellt ist.

In Fig.3 ist eine alternative Ausführungsform des vorliegenden resonanten dispersiven Spiegels dargestellt, wobei nunmehr am Substrat 1 als hochreflektierende Spiegelschicht ein Bragg($\lambda/4$)-Reflektor 2' angebracht ist. Darauf folgt wieder eine resonante dielektrische Beschichtungsstruktur 3 mit abwechselnden hochbrechenden bzw. niedrigbrechenden Einzelschichten 4 bzw. 5.

Ein derartiger Spiegelaufbau, wie in Fig.3 veranschaulicht, ist dann von Vorteil, wenn das zugehörige optische System hinsichtlich der Verluste kritischer ist, hingegen kleinere Bandbreiten akzeptiert werden können.

Das typische Verhalten hinsichtlich Reflexionsvermögen R und Dispersion GDD ergibt sich beispielsweise aus dem Diagramm von Fig.4, wobei ersichtlich ist, dass die Bandbreite nunmehr

- 8 -

geringer ist, beispielsweise von ca. 700 nm Wellenlänge λ bis ca. 900 nm Wellenlänge λ (anstatt 650 nm bis 950 nm gemäß Fig.2).

Für die Einzelschichten 4 bzw. 5 können wiederum Titanoxid(TiO_2)- und Siliziumoxid(SiO_2)-Schichten vorgesehen werden. Selbstverständlich können auch mehr oder weniger als die angegebenen 28 Einzelschichten 4, 5, je nach Bedarf, eingesetzt werden. Insbesondere können auch weniger, beispielsweise nur ca. 20, Einzelschichten 4, 5 verwendet werden. Darüber hinaus sind auch andere Materialien, wie Tantalpentoxid (Ta_2O_5) usw., denkbar. Wesentlich ist, dass diese Einzelschichten 4, 5 insgesamt eine resonante Mehrschichtstruktur ergeben und dabei die Phasen der reflektierten Impulse modulieren.

Patentansprüche:

1. Dispersiver, mehrschichtiger Spiegel, z.B. für Kurzpuls-Laservorrichtungen, Oszillatoren, Laserverstärker oder Hohl-faser-Kompressoren, welcher Spiegel mehrere auf einem Substrat (1) angebrachte dielektrische Einzelschichten (4, 5) zur Erzeu-gung vorgegebener Dispersionswerte für verschiedene Frequenz-komponenten von zu reflektierenden Strahlungs-Kurzpulsen auf-weist, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Substrat (1) eine hochreflektierende Schicht (2; 2') zur Reflexion aller Frequenz-komponenten vorgesehen ist, über der die dielektrischen Einzel-schichten (4, 5) als resonante Beschichtungsstruktur (3) zur Mo-dulation der Phasen der reflektierten Kurzpulse angebracht sind, wobei unterschiedliche Speicherzeiten für die verschiedenen Frequenzkomponenten in der resonanten Beschichtungsstruktur (3) gegeben sind.
2. Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die hochreflektierende Schicht (2) eine Metallschicht ist.
3. Spiegel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die hochreflektierende Metallschicht (2) mit Silber aufgebaut ist.
4. Spiegel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die hochreflektierende Metallschicht (2) mit Aluminium aufgebaut ist.
5. Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die hochreflektierende Schicht (2') als an sich bekannter Bragg-Reflektor ausgebildet ist.
6. Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekenn-zeichnet, dass die resonante Beschichtungsstruktur (3) nur eini-ge, z.B. 20 bis 30, dielektrische Einzelschichten (4, 5) ent-hält.

- 10 -

7. Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrischen Einzelschichten (4, 5) abwechselnd hoch- und niedrigbrechend sind.
8. Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die dielektrischen Einzelschichten (4, 5) abwechselnd aus Siliziumdioxid (SiO_2) bzw. Titandioxid (TiO_2) bestehen.
9. Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der hochreflektierenden Schicht (2) und der dielektrischen resonanten Beschichtungsstruktur (3) eine Haftvermittlungsschicht (6), z.B. aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) vorgesehen ist.

1 / 2

FIG. 1

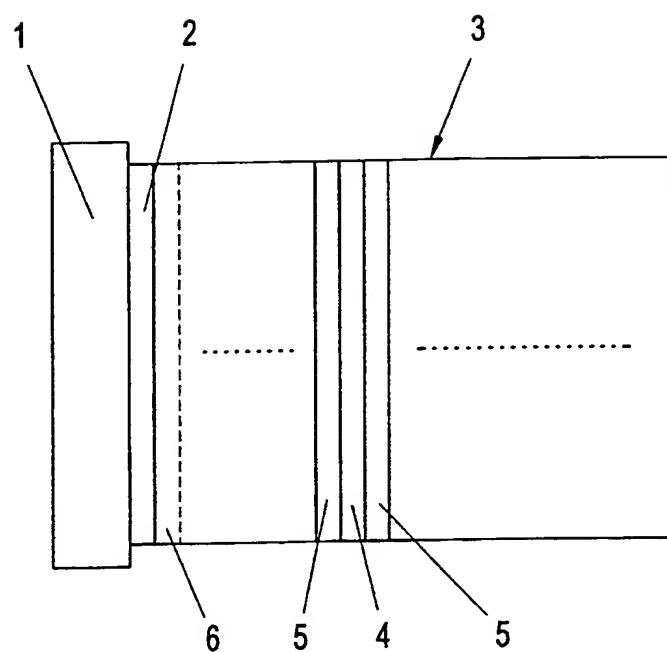
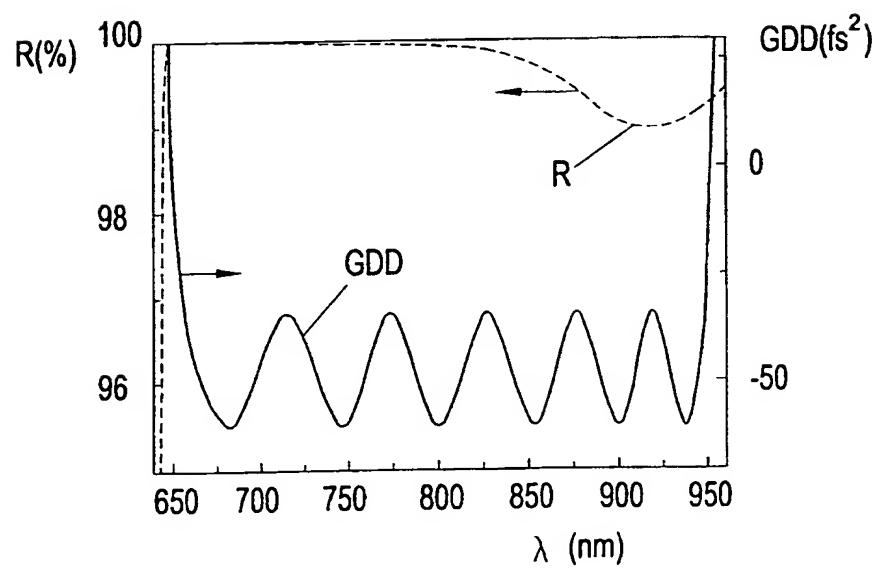


FIG. 2



2 / 2

FIG. 3

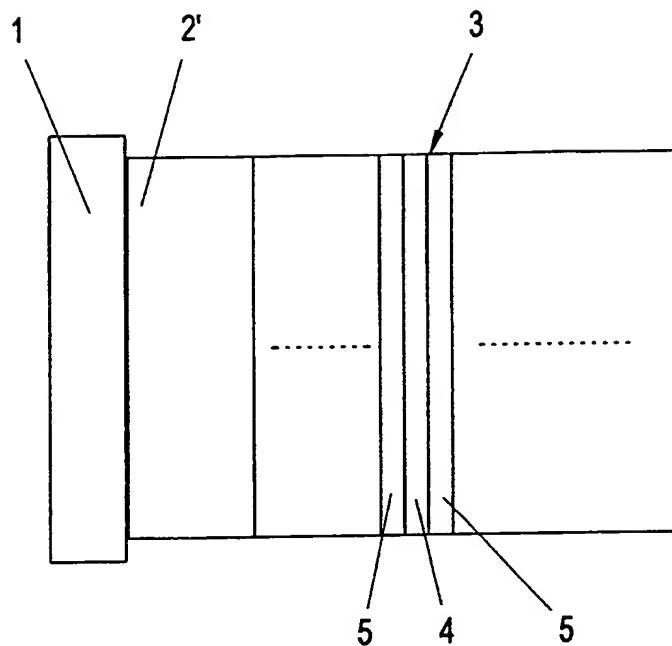
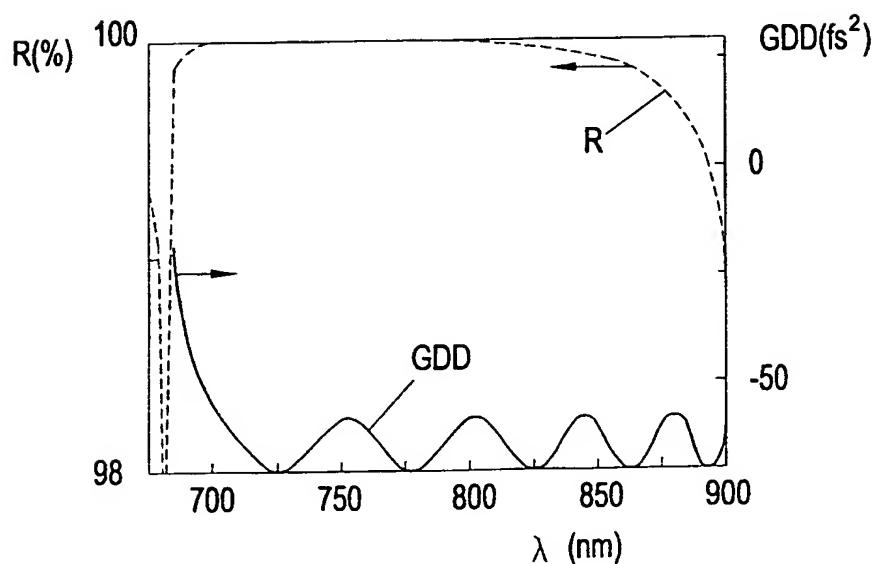


FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern: al Application No PCT/AT 00/00182
--

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01S3/08 G02B5/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01S G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MATUSCHEK N ET AL: "Analytical design of double-chirped mirrors with custom-tailored dispersion characteristics" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, FEB. 1999, IEEE, USA, vol. 35, no. 2, pages 129-137, XP002149880 ISSN: 0018-9197 figure 1 ---	1,5
A	TEMPEA G ET AL: "Dispersion control over 150 THz with chirped dielectric mirrors" IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, MARCH-APRIL 1998, IEEE, USA, vol. 4, no. 2, pages 193-196, XP002149881 ISSN: 1077-260X abstract ---	1
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

13 October 2000

03/11/2000

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Galanti, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern	al Application No
PCT/AT 00/00182	

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SZIPOCS R ET AL: "CHIRPED MULTILAYER COATINGS FOR BROADBAND DISPERSION CONTROL IN FEMTOSECOND LASERS" OPTICS LETTERS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, vol. 19, no. 3, 1 February 1994 (1994-02-01), pages 201-203, XP000424364 ISSN: 0146-9592 abstract ---	1
A	US 5 912 915 A (LINCOLN JOHN RODERICK ET AL) 15 June 1999 (1999-06-15) abstract; figures 1-3 ---	1
P,X	WO 00 11501 A (COHERENT INC) 2 March 2000 (2000-03-02) abstract -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Intern: al Application No

PCT/AT 00/00182

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 5912915 A	15-06-1999	EP 0983620 A	08-03-2000	WO 9853536 A US 6055261 A
WO 0011501 A	02-03-2000	NONE		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern/ als Aktenzeichen

PCT/AT 00/00182

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01S3/08 G02B5/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01S G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	MATUSCHEK N ET AL: "Analytical design of double-chirped mirrors with custom-tailored dispersion characteristics" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, FEB. 1999, IEEE, USA, Bd. 35, Nr. 2, Seiten 129-137, XP002149880 ISSN: 0018-9197 Abbildung 1 ---	1,5
A	TEMPEA G ET AL: "Dispersion control over 150 THz with chirped dielectric mirrors" IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, MARCH-APRIL 1998, IEEE, USA, Bd. 4, Nr. 2, Seiten 193-196, XP002149881 ISSN: 1077-260X Zusammenfassung ---	1 -/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13. Oktober 2000

03/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Galanti, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internales Aktenzeichen PCT/AT 00/00182
--

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	SZIPOCS R ET AL: "CHIRPED MULTILAYER COATINGS FOR BROADBAND DISPERSION CONTROL IN FEMTOSECOND LASERS" OPTICS LETTERS, US, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, Bd. 19, Nr. 3, 1. Februar 1994 (1994-02-01), Seiten 201-203, XP000424364 ISSN: 0146-9592 Zusammenfassung ---	1
A	US 5 912 915 A (LINCOLN JOHN RODERICK ET AL) 15. Juni 1999 (1999-06-15) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 ---	1
P,X	WO 00 11501 A (COHERENT INC) 2. März 2000 (2000-03-02) Zusammenfassung -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internazionale Aktenzeichen

PCT/AT 00/00182

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5912915 A	15-06-1999	EP 0983620 A WO 9853536 A US 6055261 A	08-03-2000 26-11-1998 25-04-2000
WO 0011501 A	02-03-2000	KEINE	